

TESIS

**ANALISIS TINGKAT RISIKO KECELAKAAN KERJA  
DENGAN METODE FMEA DAN PEMODELAN  
SISTEM KESELAMATAN KERJA DENGAN  
SISTEM DINAMIK  
(STUDI KASUS: PROYEK GEDUNG X DI  
YOGYAKARTA)**



JOKO APRIYAN  
No. Mhs.: 15.2377/PS/MTS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2017

TESIS

**ANALISIS TINGKAT RISIKO KECELAKAAN KERJA  
DENGAN METODE FMEA DAN PEMODELAN  
SISTEM KESELAMATAN KERJA DENGAN  
SISTEM DINAMIK  
(STUDI KASUS: PROYEK GEDUNG X DI  
YOGYAKARTA)**



JOKO APRIYAN  
No. Mhs.: 15.2377/PS/MTS

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
2017



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

---

PENGESAHAN TESIS

Nama : JOKO APRIYAN  
Nomor Mahasiswa : 15.2377/PS/MTS  
Konsentrasi : Manajemen Konstruksi  
Judul tesis : **Analisis Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja dengan Metode FMEA dan Pemodelan Sistem Keselamatan Kerja dengan Sistem Dinamik (Studi Kasus: Proyek Gedung X di Yogyakarta)**

**Nama Pembimbing**

Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

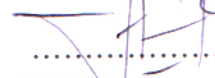

Dr. Ir. Wulfram I. Ervianto, M.T.

**Tanggal**

17/03/2017

20/03/2017

**Tanda tangan**

  
.....  
  
.....



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA  
PROGRAM PASCASARJANA  
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL

PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : JOKO APRIYAN  
Nomor Mahasiswa : 155102377/PS/MTS  
Konsentrasi : Manajemen Konstruksi  
Judul Tesis : Analisis Tingkat Risiko Kecelakaan Kerja  
dengan Metode FMEA dan Pemodelan Sistem  
Keselamatan Kerja dengan Sistem Dinamik  
(Studi Kasus: Proyek Gedung X di  
Yogyakarta)

**Nama Penguji**

**Tanggal**

**Tanda Tangan**

Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

17/03/2017

Dr. Ir. Wulfram I. Ervianto, M.T.

20/03/2017

Ir. A. Koesmargono, MCM, Ph.D.

20/03/2017

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil

**Dr. Ir. Imam Basuki, MT**

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa  
Tesis dengan judul :

**ANALISIS TINGKAT RISIKO KECELAKAAN KERJA DENGAN  
METODE FMEA DAN PEMODELAN SISTEM KESELAMATAN KERJA  
DENGAN SISTEM DINAMIK  
STUDI KASUS: PROYEK GEDUNG X DI YOGYAKARTA**

benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil  
plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan baik  
langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain  
dinyatakan secara tertulis dalam Tesis ini. Apabila terbukti dikemudian hari  
bahwa Tesis ini merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh  
dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Universitas Atma Jaya  
Yogyakarta.

Yogyakarta, Maret 2017

Yang menyatakan



Joko Apriyan

## INTISARI

Tingkat kematian akibat kecelakaan kerja pada proyek konstruksi di negara-negara berkembang, lebih tinggi dibandingkan negara-negara maju. Manajemen keselamatan berperan penting dalam mencegah kecelakaan kerja, dengan cara mengontrol bahaya yang berisiko tinggi menjadi kecelakaan. Perlunya mengukur pekerjaan yang dengan risiko kecelakaan tinggi dan menjadikannya prioritas utama perbaikan. Selanjutnya perbaikan dapat dilakukan bila ada simulasi yang dapat mewakili sistem keselamatan kerja terhadap pekerjaan tersebut. Penelitian ini bertujuan memberi gambaran proses mengukur tingkat risiko kecelakaan pada sebuah proyek dan mensimulasikannya agar dapat memberi hasil berupa nilai riil sebagai ukurannya. Tingkat risiko diukur dari aspek dampak, peluang kejadian, dan pencegahannya, dengan metode FMEA. Simulasi dilakukan pada pekerjaan dengan tingkat risiko tertinggi, karena dianggap paling besar kemungkinan menimbulkan kecelakaan. Simulasi akan memberikan gambaran sistem manajemen keselamatan, pergerakan bahaya, tingkat kecelakaan, sumber bahaya, dan biaya keselamatan. Proyek gedung X di kota Yogyakarta akan menjadi obyek penelitian ini. Simulasi yang dilakukan menggunakan sistem dinamik dimana dasar teori yang dipakai adalah teori efek domino (sumber kecelakaan menggunakan *unsafe condition*). Pengumpulan data untuk FMEA dengan kuisioner. Pengumpulan data untuk sistem dinamik dengan wawancara, observasi, dan pengamatan langsung. *Software* untuk membantu mengerjakan sistem dinamik menggunakan STELLA. Hasil penelitian memberi gambaran bahwa pekerjaan dengan nilai risiko tertinggi ada pada pekerjaan pembesian. Hasil simulasi membuktikan sistem manajemen keselamatan kerja proyek gedung X sangat baik. Simulasi juga memberikan gambaran skenario yang sudah dijalankan bahwa sistem manajemen keselamatan proyek gedung X sudah optimal.

**Kata kunci:** kecelakaan kerja, risiko, FMEA, sistem dinamik, efek domino

## ABSTRACT

In developing countries, the death rate caused by a work accident on the construction projects is higher compared to developed countries. A Safety Management System plays an important role to help prevent accidents, injuries and to minimize other risk by controlling the danger which has a high risk of accidents. It is necessary for measuring job with high risk accident and categorize it to the main priority to get improvement. Then, the improvement can be done if there was a simulation which was represented the safety management system of the job. The purpose of this research is to portray the process of measuring the risk level on the construction projects and then do simulation in the order to show the result in the form of real value as a measurement. The FMEA method used to measure the risk level from the aspects of severity, occurrence, and prevention. The simulation conducted for the job with the highest risk because it possibly can inflict accidents. The simulation will visualize the safety management system, the hazard movement, the level of accident, the danger sources, and the safety cost. The construction project of building X which located in Special District of Yogyakarta will be the subject of this research. System Dynamics approach is used to perform the simulations, while the domino effect is used as the basic theory. Questionnaires are used for FMEA data collection, while collecting data in the System Dynamics are using interview and observation. The System Dynamics also used STELLA as supporting software. The results of the research illustrate that the position which has highest risk score is an Ironworker. Simulation's results prove that the safety management systems which use in construction project of building X are excellent. Simulations also illustrate that the scenario is already running optimally by using the safety management system of the construction project of building X.

**Keywords:** work accidents, risk, FMEA, system dynamics, domino effects

## KATA HANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, bimbingan dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini sebagai syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata Dua (S2) di Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis berharap melalui penyusunan tesis ini dapat memberi gambaran baru tentang penggunaan FMEA dan pengaplikasian sistem dinamik untuk keselamatan kerja konstruksi dalam bidang Teknik Sipil baik oleh penulis maupun pihak lain.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah mendapat banyak bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada.

1. Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. dan Dr. Ir. Wulfram I. Ervianto, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk memberi petunjuk dan membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Dr. Ir. Imam Basuki, M.T. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Seluruh Dosen Pengajar Magister Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajar dan membagikan ilmunya kepada penulis.



4. Seluruh Staf Admisi Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. Kedua orang tua dan saudara-saudaraku yang telah memberikan dukungan, baik dukungan moral maupun materi sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
6. Sisilia yang terkasih selalu menyemangati sampai tesis selesai.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.
8. Semua responden yang telah meluangkan waktu dalam memberikan data.
9. Semua pihak yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu per satu, sehingga penyusunan tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari penyusunan tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan berupa kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap supaya tesis ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian. Terima kasih.

Yogyakarta, Febuari 2017

Joko Apriyan  
NPM : 15.2377/PS/MTS

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING.....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>INTISARI.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA HANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Kecelakaan dan Kesehatan Kerja (K3).....	6
2.2. Teori Efek Domino (H.W Heinrich, 1959).....	8
2.3. FMEA ( <i>Failure Modes and Effects Analysis</i> ).....	9
2.4. Sistem Dinamik.....	13
2.5. Pemodelan Sistem Dinamik.....	15
2.6. Model Keselamatan Kerja Dengan Sistem Dinamik.....	17

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 19**

3.1. Tahapan Penelitian.....	19
3.2. Identifikasi Potensi Kecelakaan Kerja.....	23
3.3. Menentukan <i>Severity</i> , <i>Occurance</i> , dan <i>Detection</i> .....	23
3.4. Menghitung Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	25
3.5. Sistem dan Pemodelan.....	25
3.6. Validasi dan Vertifikasi Model.....	28
3.7. Analisis Sistem Dinamik (Skenario).....	30

**BAB IV ANALISIS FMEA DAN PEMODELAN DINAMIK..... 31**

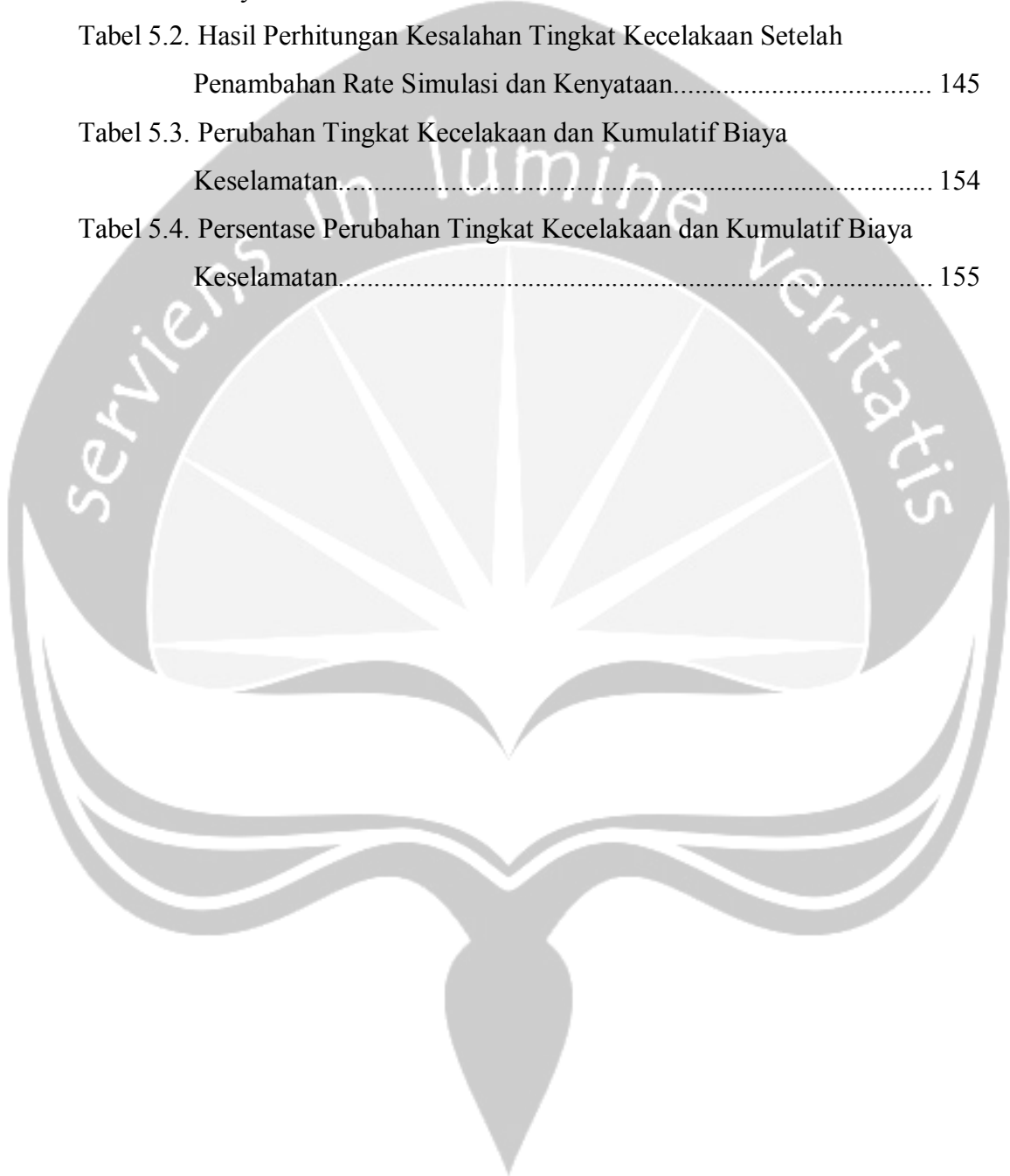
4.1. AnalisisMetode FMEA.....	31
4.1.1. Nilai <i>Severity</i> , <i>Occurrence</i> , dan <i>Detection</i> .....	34
4.1.2. Nilai RPN ( <i>Risk Priority Number</i> ).....	36
4.2. Pembuatan Model Dinamik.....	38
4.2.1. Idetifikasi Variabel.....	40
4.2.2. Konsep Modeling.....	44
4.3. Pemodelan Simulasi Sistem Dinamik dengan STELLA.....	46
4.3.1. Sektor Pelaporan Kecelakaan.....	48
4.3.2. Sektor Kecelakaan.....	54
4.3.3. Sektor Pekerjaan Besi.....	60
4.3.4. Sektor <i>Unsafe Condition</i> .....	65
4.3.5. Sektor Bahaya.....	73
4.3.6. Sektor Biaya Keselamatan.....	89
4.4. Analisis Sensitivitas.....	90
4.4.1. Pengujian Konstanta Parameter.....	91
4.4.2. Kolerasi <i>Ranking Spearman's</i> Nilai Konstanta.....	102
4.4.3. Pengujian Nilai Tingkatan.....	106
4.4.4. Kolerasi <i>Ranking Spearman's</i> Nilai Tingkatan.....	110
4.4.5. Pengujian Fungsi Tabel.....	112
4.4.6. Persentase Perubahan Tes Sensitivitas Fungsi Tabel.....	126

<b>BAB V IMPLEMENTASI MODEL.....</b>	<b>129</b>
5.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data Sistem Dinamik.....	129
5.2. Pengukuran Kesalahan Keluaran Simulasi dan Kenyataan.....	142
5.3. Skenario Simulasi Model.....	146
5.3.1. Skenario Pertama : Tidak Ada Perubahan.....	147
5.3.2. Skenario Kedua : Pengembalian Keadaan Normal.....	150
5.3.3. Skenario Ketiga : Penurunan Kebijakan Pengawasan Keselamatan.....	153
5.3.4. Ringkasan Pengujian Skenario.....	155
5.3.5. Keterbatasan Model Sistem Keselamatan Kerja.....	156
<b>BAB VI SKENARIO, KESIMPULAN, DAN SARAN.....</b>	<b>158</b>
6.2. Kesimpulan.....	158
6.3. Saran.....	158
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>161</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>165</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Potensi Bahaya Keselamatan dan Kesehatan Kerja Didasarkan pada Dampak Korban.....	7
Tabel 4.1. Nilai <i>Severity</i> (S), <i>Detection</i> (D), dan <i>Occurance</i> (O).....	36
Tabel 4.2. Penjelasan Lambang Dalam Sektor.....	47
Tabel 4.3. <i>Ranking</i> Hasil Tes Sensitivitas Nilai Konstanta.....	94
Tabel 4.4. <i>Ranking</i> Hasil Tes <i>Settling Time</i> .....	97
Tabel 4.5. <i>Ranking</i> Hasil Tes Sensitivitas <i>Value</i> (Titik Maksimum).....	100
Tabel 4.6. <i>Ranking</i> Rata-Rata Sensitivitas Konstanta.....	101
Tabel 4.7. Perhitungan Kolerasi Spearman Nilai Konstanta Keluaran dan Waktu Penyelesaian ( <i>Settling Time</i> ).....	103
Tabel 4.8. Perhitungan Kolerasi Spearman Nilai <i>Value</i> dan Waktu Penyelesaian ( <i>Settling Time</i> ).....	104
Tabel 4.9. Perhitungan Kolerasi Spearman Nilai Keluaran dan Nilai <i>Value</i> (Titik Maksimum).....	106
Tabel 4.10. <i>Ranking</i> Rata-Rata Output Sensitivitas Nilai Tingkatan .....	108
Tabel 4.11. <i>Ranking</i> Rata-Rata Nilai Maksimum Sensitivitas Nilai Awal.....	110
Tabel 4.12. Perhitungan Kolerasi Spearman Nilai Keluaran dan Nilai <i>Value</i> .....	111
Tabel 4.13. Alternatif Fungsi Tabel Bahaya Teridentifikasi Dari Pengawasan Keselamatan.....	114
Tabel 4.14. Alternatif Fungsi Tabel Bahaya Karena <i>Unsafe Condition</i> .....	117
Tabel 4.15. Alternatif Fungsi Tabel <i>Unsafe Condition</i> Per Pekerja.....	119
Tabel 4.16. Alternatif Fungsi Tabel Kemungkinan Sumber Bahaya Sama.....	121
Tabel 4.17. Alternatif Fungsi Tabel <i>Unsafe Condition</i> Hilang Karena Pengontrolan.....	123
Tabel 4.18. Alternatif Fungsi Tabel Risiko.....	125
Tabel 4.19. Persentase Perubahan Tes Sensitivitas Slope Fungsi Tabel.....	127
Tabel 4.20. Persentase Perubahan Tes Sensitivitas Shape Fungsi Tabel.....	128

	Halaman
Tabel 5.1. Hasil Perhitungan Kesalahan Tingkat Kecelakaan Simulasi dan Kenyataan.....	144
Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Kesalahan Tingkat Kecelakaan Setelah Penambahan Rate Simulasi dan Kenyataan.....	145
Tabel 5.3. Perubahan Tingkat Kecelakaan dan Kumulatif Biaya Keselamatan.....	154
Tabel 5.4. Persentase Perubahan Tingkat Kecelakaan dan Kumulatif Biaya Keselamatan.....	155



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Alur Kerja Sistem Dinamik.....	16
Gambar 2.2. <i>Casual Loop Digram</i> .....	17
Gambar 3.1. Metode Penelitian.....	22
Gambar 4.1. Gambar 4.1 Digram <i>Input-Output</i> Sistem Keselamatan Proyek Gedung X.....	42
Gambar 4.2. Digram Lingkar Sebab Akibat <i>Unsafe Condition</i> .....	45
Gambar 4.3. Sektor Pelaporan Kecelakaan Pada Model.....	49
Gambar 4.4. Sektor Kecelakaan Pada Model.....	54
Gambar 4.5. Sektor Pekerjaan Besi Pada Model.....	61
Gambar 4.6. Sektor <i>Unsafe Condition</i> Pada Model.....	66
Gambar 4.7. Sektor Bahaya Pada Model.....	74
Gambar 4.8. Sektor Biaya Keselamatan Pada Model .....	89
Gambar 4.9. Alternatif Fungsi Tabel Bahaya Teridentifikasi Dari Pengawasan Keselamatan.....	114
Gambar 4.10. Alternatif Fungsi Tabel Bahaya Karena <i>Unsafe Condition</i> .....	116
Gambar 4.11. Alternatif Fungsi Tabel <i>Unsafe Condition</i> Per Pekerja.....	118
Gambar 4.12. Alternatif Fungsi Tabel Kemungkinan Sumber Bahaya Sama.	120
Gambar 4.13. Alternatif Fungsi Tabel <i>Unsafe Condition</i> Hilang Karena Pengontrolan .....	123
Gambar 4.14. Alternatif Fungsi Tabel Risiko.....	125
Gambar 5.1. Perbandingan Kecelakaan Hasil Simulasi dan Kenyataan.....	143
Gambar 5.2. Perbandingan Hasil Penambahan Rate Kecelakaan pada Simulasi dan Hasil Asli Kenyataan.....	145
Gambar 5.3. Perubahan dan Prilaku Rate Kecelakaan, <i>Unsafe Condition</i> per Pekerja, dan Volume Sedang Dikerjakan pada Skenario Pertama.....	148

Gambar 5.4. Perubahan dan Prilaku Bahaya Terkontrol, Bahaya Tak Bahaya Menengah dan Bahaya Penuh Dikontrol pada Skenario Pertama.....	149
Gambar 5.5. Perubahan dan Prilaku Biaya Kecelakaan Mingguan dan Keselamatan Mingguan pada Skenario Pertama Pertama.....	150
Gambar 5.6. Perubahan dan Prilaku Rate Kecelakaan, <i>Unsafe Condition</i> per Pekerja, dan Volume Sedang Dikerjakan pada Skenario Ked....	151
Gambar 5.7. Perubahan dan Prilaku Bahaya Terkontrol, Bahaya Tak Terkontrol, Bahaya Menengah dan Bahaya Penuh Dikontrol pada Skenario Kedua.....	152
Gambar 5.8. Perubahan dan Prilaku Biaya Kecelakaan Mingguan dan Keselamatan Mingguan pada Skenario Kedua.....	152
Gambar 5.9. Perubahan dan Prilaku Rate Kecelakaan, <i>Unsafe Condition</i> per Pekerja, dan Volume Sedang Dikerjakan pada Skenario Ketiga.....	153
Gambar 5.10. Perubahan dan Prilaku Bahaya Terkontrol, Bahaya Tak Terkontrol, Bahaya Menengah dan Bahaya Penuh Dikontrol pada Skenario Ketiga.....	154
Gambar 5.11. Perubahan dan Prilaku Biaya Kecelakaan dan Keselamatan Mingguan pada Skenario Ketiga.....	155



## DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan 1 Nilai RPN.....	25
Persamaan 2 Perbandingan Keluaran Konstanta Tetap.....	93
Persamaan 3 Perbandingan Keluaran Nilai Maksimum.....	98
Persamaan 4 Kolerasi <i>Ranking</i> Spearman's.....	102
Persamaan 5 Nilai MSE.....	142
Persamaan 6 Nilai RMSPE.....	142
Persamaan 7 Kesalahan Arah Bias.....	143
Persamaan 8 Kesalahan Variance Tidak Sama.....	143
Persamaan 9 Kesalahan Arah Covariance.....	143
Persamaan 10 Total Kesalahan Arah Bias, Variance, dan Covariance.....	143

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Hasil Kuisioner FMEA.....	165
A.1 Identifikasi Kerelавanan Bahaya Kecelakaan Kerja	
Konstruksi.....	165
A.2 Nilai RPN Bahaya Kecelakaan Relavan Pada Pekerjaan	
Proyek Y.....	165
Lampiran B. Tes Sensitivitas.....	176
B.1 Konstanta Modifikasi Parameter Tests.....	176
B.2 Tingkatan Modifikasi Parameter Tests.....	193
B.3 Tabel Fuction Paramerter Tests.....	198
Lampiran C. Kumpulan Data Keselamatan Kerja.....	216
C.1 Pengumpulan Data.....	216
C.2 Observasi.....	219
C.3 Wawancara .....	222
C.4 Output STELLA.....	226